



COURS D'ÉLECTRICITÉ

SÉRIE 02

OBJECTIF PÉDAGOGIQUE :

À la fin de ce cours vous serez capable d'identifier les appareils de test et de mesure.

PLAN DE LA LEÇON :

INTRODUCTION

I- LES APPAREILS DE TEST ET DE MESURE

1- Appareil de mesure :

a- Multimètre

- Mode d'utilisation
- Caractéristique

b- Voltmètre

- Mode d'utilisation
- Caractéristique

c- Oscilloscope à mémoire numérique

- Mode d'utilisation
- Caractéristique

2- Appareil de test : Testeur de câbles

- Mode d'utilisation
- Caractéristique

INTRODUCTION :

L'utilisation des multimètres modernes est de plus en plus simplifier et sécuriser, mais l'électricité étant toujours dangereuse, quelque notion et précautions d'emploi s'imposent.

Nous allons donc d'écrire avec le plus de précision possible les procédures à appliquer pour utiliser ces appareils de mesure.

I- LES APPAREILS DE TEST ET DE MESURE :

1- Appareil de mesure :

a- Multimètre : Le millimètre un outil indispensable

Équipés d'un générateur de courant stable et précis, les milli ohmmètres mesurent les résistances électriques faibles de continuité des matériaux, composants, sous ensembles et produits finis.

Il existe une grande variété de modèles de multimètres, avec des caractéristiques et des performances très diverses.

On trouve des appareils dits "de poche" ou "de poing" (*Pocket* ou *handheld*, en anglais), c'est-à-dire portatifs, et des appareils "de table" (*benchmeters* ou *benchtop multimètres*, en anglais), plus volumineux, souvent plus précis, et destinés à rester au laboratoire ou à poste fixe.



Un multimètre numérique (DMM) de laboratoire :

Les multimètres sont analogiques (à aiguille) ou numériques (affichage à cristaux liquides), quelques modèles combinant les deux types d'affichage. Le multimètre numérique (DMM, pour Digital Multi Meter) est désormais le modèle le plus répandu, tant pour un usage professionnel que "grand public".



Un multimètre à double affichage, analogique et numérique, à gauche, et un modèle numérique "milieu de gamme", à droite. Le multimètre demeure un outil **indispensable**, même pour l'amateur. Si vous n'en possédez pas, n'hésitez pas à en faire l'acquisition! On trouve sur le marché des modèles économiques, aux performances très suffisantes.

▪ Mode d'utilisation :

Avant toute mesure, pensez "**SÉCURITÉ**"!

La première chose à faire lorsque l'on acquiert un multimètre, comme du reste beaucoup d'autres appareils, c'est de lire attentivement la notice! "Notice", "Mode d'emploi", "Guide de l'utilisateur", peu importe l'intitulé, lisez ce document fourni avec l'appareil!

Cette notice (en français, comme l'exige la loi...)

Les limites de sécurité de l'appareil y sont en effet indiquées (tension maximale en entrée, courant maximal, durée de la mesure...) et il est important de les connaître avant toute utilisation.

Gardez à l'esprit que l'opération consistant à relever une mesure de tension ou d'intensité peut présenter un réel danger pour l'utilisateur, ou provoquer la destruction de l'appareil! Aussi, respectez scrupuleusement les recommandations du fabricant et prenez bien soin de n'utiliser votre multimètre que dans les conditions prévues.

Tout montage raccordé au secteur implique de prendre les plus grandes précautions.

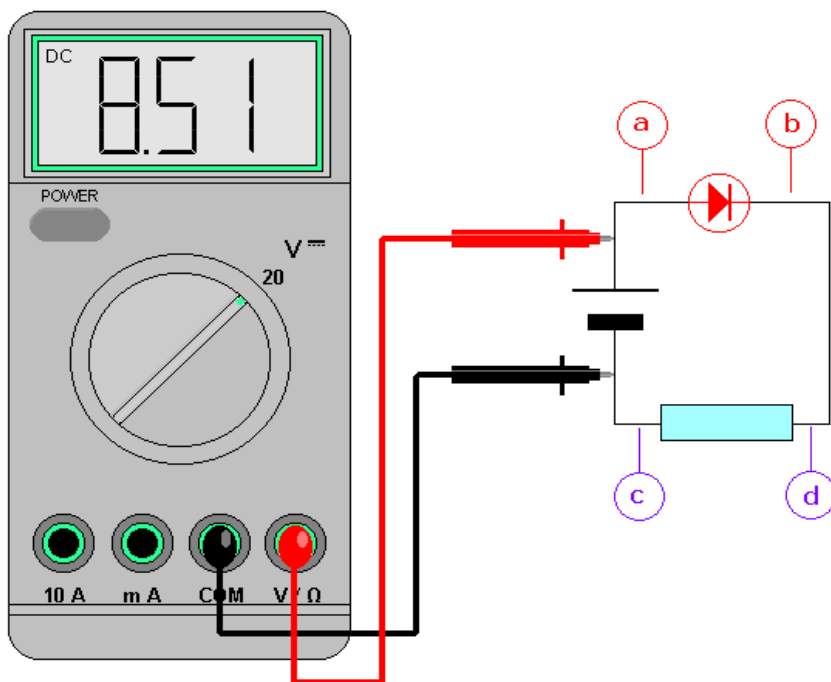
Évitez alors de travailler seul. En cas de doute sur vos compétences ou sur l'isolation de l'appareil de mesure même hors tension, on ne doit prendre aucune mesure sur un montage avant d'avoir déchargé tous les condensateurs!

Un courant, même faible, peut entraîner la dissipation d'une puissance importante dans certains composants et les rendre brûlants. La mise en court-circuit d'une simple pile de 9 V peut elle aussi provoquer une dangereuse élévation de température.

Avec le multimètre comme avec le fer à souder, soyez toujours prudents.

Mesurer une tension :

- Le point important est le suivant : Une tension se mesure toujours en parallèle avec le circuit ;
- Si par exemple on souhaite mesurer la tension aux bornes d'un récepteur, on branche les pointes de touche en parallèle sur ce récepteur, la pointe "noire" du côté du point de référence. En cas d'erreur de polarité, si les pointes ont été interverties, un multimètre numérique affichera une valeur négative ;
- Pour mesurer une tension, on branche le multimètre en parallèle avec le circuit, la pointe de touche noire (COM) étant connectée au potentiel de référence ;
- À l'aide du rotacteur central, on sélectionne la fonction VOLT (mesure d'une tension continue), et le calibre approprié, ici 20 V ;
- Dans l'exemple, si par contre, on mesure une tension de 8,51 V aux bornes de la pile (On lirait 8,68 V en circuit ouvert). Si on place les pointes de touche aux points notés **a** et **b**, en respectant la polarité, on obtient une mesure de 1,64 V, correspondant à la tension de seuil de DEL rouge. Entre les points **c** et **d**, aux bornes de la résistance, la tension lue est de 6,85 V. La différence de 0,02 V ($1,64 + 6,85 = 8,49$) est due à la précision de l'appareil sur ce calibre (plus ou moins 0,08% selon la notice du fabricant).



Mesurer une intensité :

Mesurer directement une intensité demeure une opération souvent difficile, parfois même impossible, car une intensité, à la différence d'une tension, se mesure toujours en série avec le circuit.

Si par exemple on souhaite mesurer l'intensité du courant qui traverse une résistance, on doit d'abord interrompre la branche du circuit où se trouve cette résistance, c'est à dire la couper, puis on connecte les pointes de touche entre ces deux points, donc en série avec la résistance.

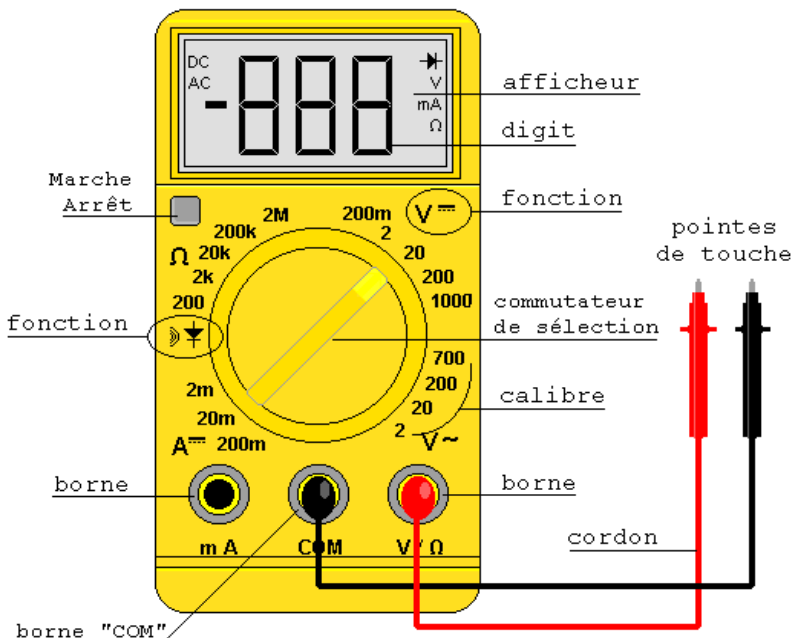
On voit bien que la mesure du courant pose un problème délicat si, pour une raison ou une autre, il n'est pas possible de couper le circuit, Il existe heureusement une solution très simple, qui consiste à relever la tension aux bornes de la résistance. Connaissant la valeur de cette résistance, il ne reste plus qu'à appliquer la loi d'Ohm!

Deux petites remarques en passant :

- De ce qui a été dit plus haut, on peut déduire que la partie "voltmètre" du multimètre doit avoir une résistance aussi grande que possible, puisque la mesure est prise en parallèle. À l'inverse, la partie "ampèremètre" doit présenter une résistance aussi petite que possible, puisque la mesure est prise en série. Il suffit, pour s'en convaincre, de calculer la résistance équivalente de deux résistances, l'une étant très grande devant l'autre, en parallèle et en série.
- La mesure d'une intensité doit toujours se faire rapidement, sous peine d'endommager le multimètre. La notion de durée de la mesure est ici très importante. Se reporter à la notice du constructeur pour le délai à ne pas dépasser.

▪ Caractéristique :

Voyons comment se présente un multimètre numérique (DMM). Il s'agit dans cet exemple d'un modèle très ordinaire :



On reconnaît sur l'illustration, de haut en bas :

- **L'afficheur LCD ;**

- Le commutateur rotatif de sélection de la fonction (voltmètre, ampèremètre, ohmmètre...) et du calibre (de 0 à 200 mV, de 200 mV à 2 V, de 2 V à 20 V, ...etc.) ;
- Les bornes de raccordement des cordons, qui sont généralement au nombre de trois ou quatre, dont une borne "COM" (commune) où on branchera le cordon relié à la masse ;
- Les cordons de mesure et les pointes de touche.

La plupart des appareils proposent aujourd'hui des fonctions supplémentaires (au minimum, le test de continuité). En ce qui concerne le raccordement des cordons de mesure et le choix de la sensibilité, on se reportera à la notice du constructeur. Si on ne dispose pas d'un modèle auto-range et si la valeur à mesurer est inconnue, on choisira toujours le calibre supérieur pour commencer.

b- Voltmètre :

Le voltmètre est l'appareil qui mesure la tension entre deux points, grandeur dont l'unité de mesure est le volt (V). Le choix du voltmètre dépend du type de tension que l'on doit mesurer.

Le premier voltmètre numérique a été conçu et construit par Andy Kay en 1953

Le voltmètre sera différent selon que l'on doive mesurer, une tension continue ou une tension alternative.



■ Mode d'utilisation :

La mesure avec un voltmètre s'effectue en le branchant en parallèle sur la portion de circuit dont on désire connaître la différence de potentiel. Ainsi en théorie, pour que la présence de l'appareil ne modifie pas la répartition des potentiels et des courants au sein du circuit, aucun courant ne devrait circuler dans son capteur. Ce qui implique que la résistance interne dudit capteur soit infini, ou du moins soit la plus grande possible par rapport à la résistance du circuit à mesurer.

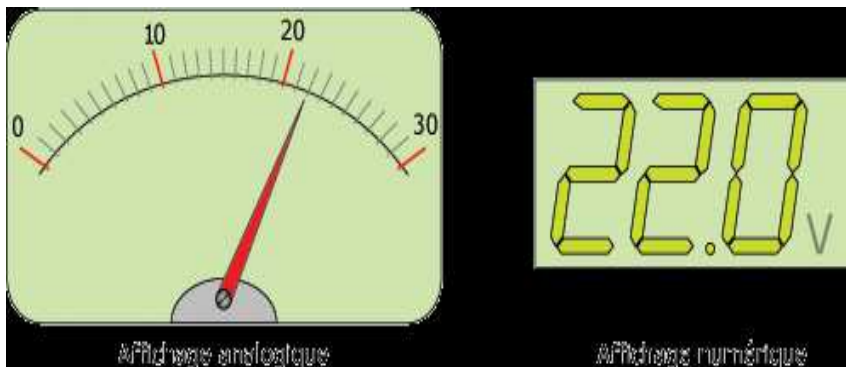
D'autres méthodes de mesure sont également utilisées, par exemple :

- Conversion analogique-numérique de la tension à mesurer, puis traitement entièrement numérique du calcul de la « racine carrée du carré moyen » ;
- Égalisation de l'effet thermique engendré par la tension variable et de celui engendré par une tension continue qui est ensuite mesurée.

▪ Caractéristiques :

Il existe deux types de lecture sur les voltmètres, comme sur tous les instruments de mesure d'ailleurs :

- **La lecture digitale :** Utilise un cadran à cristaux liquides (affichage numérique) ;
- **L'affichage analogique :** Indique la valeur de la tension par le déplacement d'une aiguille.



Affichage analogique

affichage numérique

La majorité des voltmètres possèdent plusieurs échelles de lecture, ce qui permet d'obtenir une lecture plus précise.

Il est préférable, lorsqu'on prend une lecture de tension, d'utiliser l'échelle la plus grande pour ensuite la ramener à l'échelle qui offre la lecture la plus précise.

▪ Voltmètres analogiques :

Ils sont en voie de disparition, bien qu'encore utilisés comme indicateurs rapides de l'ordre de grandeur ou de la variation de la tension mesurée. Ils sont généralement constitués d'un milliampèremètre en série avec une résistance élevée. Toutefois cette résistance, de l'ordre de quelques $k\Omega$, est nettement inférieure à la résistance interne des voltmètres numériques, habituellement égale à $10\text{ M}\Omega$. Pour cette raison, les voltmètres analogiques introduisent une perturbation plus importante dans les circuits dans lesquels ils sont introduits que les voltmètres numériques.

▪ Voltmètres magnétoélectriques :

Un voltmètre magnétoélectrique est constitué d'un galvanomètre, donc un milliampèremètre magnétoélectrique très sensible, en série avec une résistance additionnelle de valeur élevée.

On réalise un voltmètre à plusieurs calibres de mesure en changeant la valeur de la résistance additionnelle. Ils ont toutefois un certains nombre d'avantages : Ils ne nécessitent pas de pile pour fonctionner. Par ailleurs, à prix équivalent, leur bande passante est beaucoup plus large, autorisant ainsi des mesures en AC sur plusieurs centaines de kilohertz là où un modèle numérique standard se cantonne à quelques centaines de hertz. C'est pour cette raison qu'ils sont encore très utilisés en test sur du matériel électronique fonctionnant à des fréquences élevées (HI-FI).

▪ Voltmètres ferroélectriques :

Un voltmètre ferroélectrique est constitué d'un milliampèremètre ferroélectrique en série avec une résistance additionnelle de valeur élevée. Comme les ampèremètres du même type le font pour les courants, ils permettent de mesurer la valeur efficace de tensions de forme quelconque (mais de fréquence faible < 1 kHz).

▪ Voltmètres numériques :

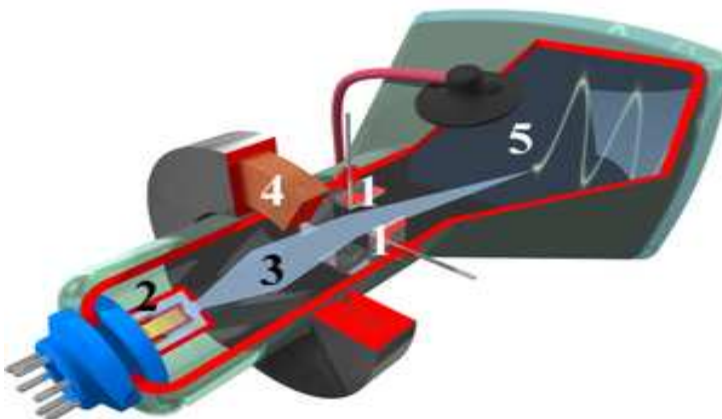
Ils sont généralement constitués d'un convertisseur analogique-numérique double rampe, d'un système de traitement et d'un système d'affichage.

c- Oscilloscope à mémoire numérique :

L'oscilloscope est un appareil de mesure très utilisé en électronique. Il permet une mesure de signal dans le domaine temporel. À l'aide des sondes vous pouvez visualiser le signal en un point d'un circuit.



Les anciens modèles possèdent un tube. Le faisceau d'électrons est dévié par un système de plaques polarisées par votre signal. On les appelle oscilloscopes analogiques.



▪ Mode d'utilisation :

- 1- Électrodes utilisées pour dévier les électrons en fonction de la tension en entrée ;
- 2- Canon à électrons ;
- 3- Flux d'électrons ;
- 4- Bobine de concentration ;
- 5- Face interne de l'écran couverte de phosphore.

Le signal à mesurer est visualisé sur un tube cathodique généralement vert. La trace de l'oscilloscope est déterminée par deux composantes : Une horizontale et une verticale.

- La composante horizontale est en abscisse : C'est le temps, ou une tension (mode XY) ;
- La composante verticale est en ordonnée : C'est la tension appliquée par l'utilisateur.

Le mode XY permet :

- De visualiser des caractéristiques de dipôle, à la condition qu'une des tensions soit l'image du courant qui traverse le dipôle ;
- De visualiser un déphasage entre deux tensions sinusoïdales.

▪ Caractéristique :

Contrairement aux modèles analogiques, le signal à visualiser est préalablement numérisé par un convertisseur analogique-numérique (interface A/D). La capacité de l'appareil à afficher un signal de fréquence élevée sans distorsion dépend de la qualité de cette interface.

Les principales caractéristiques à prendre en compte sont :

- La résolution du convertisseur analogique-numérique ;
- La fréquence d'échantillonnage en Mé/s (méga échantillons par seconde) ou Gé/s (giga échantillons par seconde) ;
- La profondeur mémoire.

L'appareil est couplé à des mémoires permettant de stocker ces signaux et à un certain nombre d'organes d'analyse et de traitement qui permettent d'obtenir de nombreuses caractéristiques du signal observé :

- Mesure des caractéristiques du signal : Valeur de crête, valeur efficace, période, fréquence, etc ;
- Transformation rapide de Fourier qui permet d'obtenir le spectre du signal ;
- Filtres perfectionnés qui, appliqués à ce signal numérique, permettent d'accroître la visibilité de détails.

L'affichage du résultat s'effectue de plus en plus souvent sur un écran à cristaux liquides, ce qui rend ces appareils faciles à déplacer et, beaucoup moins gourmands en énergie.

Les oscilloscopes numériques ont désormais complètement supplanté leurs prédécesseurs analogiques, grâce à leur plus grande portabilité, une plus grande facilité d'utilisation et, surtout, leur coût réduit.

Les appareils entièrement **numériques** possèdent maintenant des écrans LCD numériques couleur. Ils possèdent aussi une mémoire qui permet de sauver vos courbes et de capturer énormément de données. Le principe de fonctionnement est le suivant:

- Le signal est amplifié ;
- Il est ensuite filtré par un filtre antialiasing, qui évite le recouvrement de spectre lors de l'échantillonnage ;
- Il est ensuite échantillonné à l'aide d'un convertisseur analogique numérique : Les données sont alors numériques et peuvent être traitées avec un DSP.

L'avantage des oscilloscopes numériques est indéniable : Les courbes peuvent être sauvegardées, traitées à posteriori, envoyées vers un PC muni d'un logiciel de traitement, insérées dans un rapport, ...etc. De plus, les mémoires sont de plus en plus importantes, ce qui permet des zooms importants et détaillés malgré des bases de temps élevées.

Récemment nous avons vu l'apparition d'oscilloscopes numériques possédant un affichage simulant celui d'un oscilloscope analogique : La résolution des écrans étant grâce à la technologie de plus en plus importante.

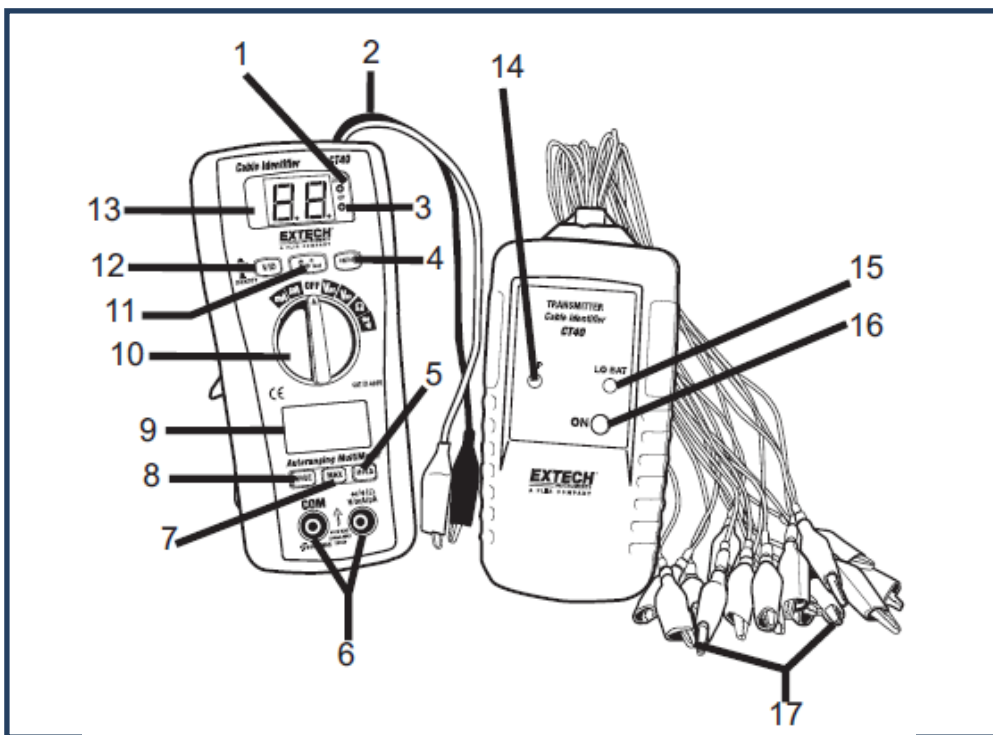
2- Appareil de test : Testeur de câbles

Pour bien étudier ce chapitre en prend comme exemple le testeur de câblage numérique.

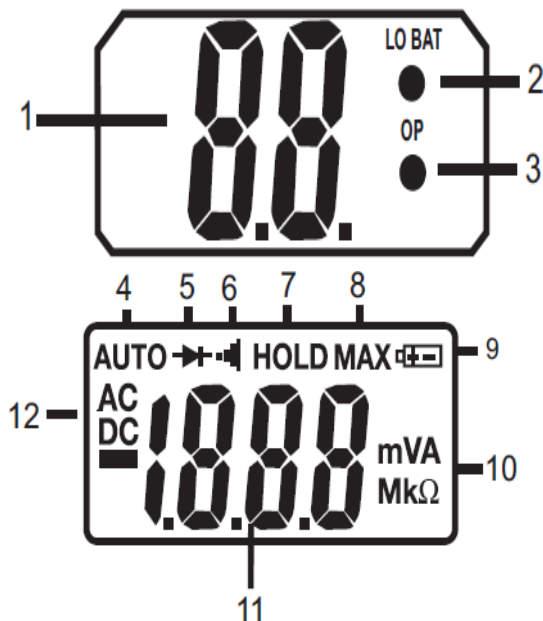


Model CT40

■ Mode d'utilisation :



- 1- Indicateur de charge faible –Récepteur
- 2- Fils d'essai avec pince crocodile du récepteur
- 3- Indicateur de fonctionnement –Récepteur
- 4- Interrupteur On/Off – Récepteur
- 5- Commutateur Hold – Mode Multimètre Numérique
- 6- Connecteurs d'entrée DMM
- 7- Touche Max – Mode Multimètre Numérique
- 8- Touche Mode – Mode multimètre Numérique
- 9- Ecran LCD– Mode Multimètre
- 10- Commutateur Rotatif – Mode Multimètre
- 11- Touche de test ID –Test de Continuité
- 12- Touche V Check– Vérification de la Tension du Câble
- 13- Ecran LCD pour la fonction d'identification de câble
- 14- Indicateur de fonctionnement – Émetteur
- 15- Indicateur de charge faible –Émetteur
- 16- Interrupteur On/Off – Émetteur
- 17- Fils d'essai avec pince crocodile de l'émetteur – CH-16



Description de l'écran LCD :

- 1-** Numéro d'identification du câble
- 2-** Témoin de niveau de charge faible
- 3-** Témoin de fonctionnement OP
- 4-** Indicateur de sélection de gamme automatique
- 5-** Test de diode
- 6-** Continuité
- 7-** Maintien d'affichage
- 8-** Max
- 9-** Indicateur de charge faible
- 10-** Unités
- 11-** Affichage des unités DMM
- 12-** Indicateur CA/CC

Test de câblage avec l'émetteur et le récepteur :

- 1- Appuyer sur le commutateur **ON/OFF** du récepteur. L'écran bleu supérieur va indiquer “00” et le témoin lumineux **OP** devrait s'allumer ;
- 2- Appuyer sur le commutateur **ON** de l'émetteur. Le témoin lumineux **OP** va clignoter ;
- 3- Brancher une pince crocodile de l'émetteur (CH1 à CH16) à chaque conducteur (fil) du câble en cours de test ;
- 4- Brancher le fil de référence “**COM**” de l'émetteur (pince crocodile noire) à un point commun connu pour tous les câbles, telle que la terre ou l'enveloppe de câble ;
- 5- Raccorder la « **borne COM** » du récepteur (pince crocodile noire) au commun ;
- 6- Placer le fil d'essai « **borne d'entrée** » (pince crocodile rouge) sur un des conducteurs du câble en cours de test ;
- 7- Le nombre de fils sélectionnés est indiqué sur l'écran du récepteur (1-16).

Test de continuité avec bip :

- 1- Appuyer sur la touche **ID TEST**.
- 2- Brancher les pinces crocodile rouge et noire du récepteur à chaque extrémité d'un fil.
- 3- Lorsque la continuité est (la résistance est moins que le seuil de continuité) un signal sonore est émis.

Vérification de tension :

- 1- Appuyer sur la touche **V check**.
- 2- Brancher les pinces crocodile du récepteur à chaque extrémité du câble en cours de test.
- 3- Lorsque l'écran indique « **UU** », cela signifie que le câble est sous tension. Trouver puis déconnecter la source d'alimentation avant de procéder au test du câble.

Spécifications de l'émetteur :

- 1-** Écran deux témoins DEL rouges.
- 2-** Pincres crocodile Pincres de 17 – 16 rouges, 1 noire.
- 3-** Résistance du câble 30000 Ohm maximal.
- 4-** Alimentation Pile de 9 v.
- 5-** Courant électrique 1,8 mA.
- 6-** Température de fonctionnement 0 °C à 40 °C (32 °F à 104 °F).
- 7-** Température de stockage -10 °C à 50 °C (14 °F à 122 °F).

Spécifications du récepteur :

- 1-** Écran DEL bleu à deux lignes.
- 2-** Pincres crocodile 2 pincres crocodile – 1 rouge, 1 noire.
- 3-** Alimentation Pile de 9 v.
- 4-** Courant électrique 23 mA.
- 5-** Température de fonctionnement 0 °C à 40 °C (32 °F à 104 °F).
- 6-** Température de stockage -10°C à 50°C (14 °F à 122 °F).
- 7-** Test de continuité Seuil audible entre 15Ω et 1000Ω.
- 8-** Vérification de la tension de câblage 5 V à 16 V CC.

QUESTIONS DE COURS :

- 1- Citer le mode d'utilisation d'un voltmètre ?
- 2- Comment on mesure une intensité directe ?
- 3- Quelles sont les caractéristiques d'un multimètre ?
- 4- Comment s'effectue le test de câblage avec l'émetteur et le récepteur ?

RÉPONSES :

- 1- La mesure avec un voltmètre s'effectue en le branchant en parallèle sur la portion de circuit dont on désire connaître la différence de potentiel. Ainsi en théorie, pour que la présence de l'appareil ne modifie pas la répartition des potentiels et des courants au sein du circuit, aucun courant ne devrait circuler dans son capteur. Ce qui implique que la résistance interne dudit capteur soit infini, ou du moins soit la plus grande possible par rapport à la résistance du circuit à mesurer.

D'autres méthodes de mesure sont également utilisées, par exemple :

- Conversion analogique-numérique de la tension à mesurer, puis traitement entièrement numérique du calcul de la « racine carrée du carré moyen » ;
 - Égalisation de l'effet thermique engendré par la tension variable et de celui engendré par une tension continue qui est ensuite mesurée.
- 2- Mesurer directement une intensité demeure une opération souvent difficile, parfois même impossible, car une intensité, à la différence d'une tension, se mesure toujours en série avec le circuit.

3- Les caractéristiques d'un multimètre sont :

- **L'afficheur** LCD ;
- Le commutateur rotatif de sélection de la **fonction** (voltmètre, ampèremètre, ohmmètre...) et du **calibre** (de 0 à 200 mV, de 200 mV à 2 V, de 2 V à 20 V, ...etc.) ;
- Les **bornes** de raccordement des cordons, qui sont généralement au nombre de trois ou quatre, dont une borne "COM" (commune) où on branchera le cordon relié à la masse ;
- Les **cordons** de mesure et les pointes de touche.

4- Le test de câblage avec l'émetteur et le récepteur :

- Appuyer sur le commutateur **ON/OFF** du récepteur. L'écran bleu supérieur va indiquer "00" et le témoin lumineux **OP** devrait s'allumer.
- Appuyer sur le commutateur **ON** de l'émetteur. Le témoin lumineux **OP** va clignoter.
- Brancher une pince crocodile de l'émetteur (CH1 à CH16) à chaque conducteur (fil) du câble en cours de test.
- Brancher le fil de référence "**COM**" de l'émetteur (pince crocodile noire) à un point commun connu pour tous les câbles, telle que la terre ou l'enveloppe de câble.
- Raccorder la «**borne COM** » du récepteur (pince crocodile noire) au commun.
- Placer le fil d'essai «**borne d'entrée**» (pince crocodile rouge) sur un des conducteurs du câble en cours de test.
- Le nombre de fils sélectionnés est indiqué sur l'écran du récepteur (1-16).